

ELECTRICAL ENGINEERING

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ДИСКОВОГО ГЕНЕРАТОРА З ПОПЕРЕЧНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

Єгоров А. В.

*кандидат технічних наук, доцент кафедри електричних машин
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»
м. Харків, Україна*

Дунєв О. О.

*кандидат технічних наук, доцент кафедри електричних машин
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»
м. Харків, Україна*

Масленніков А. М.

*кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електричних машин
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»
м. Харків, Україна*

Ляйдхольд Р.

*доктор технічних наук, професор,
професор кафедри систем електричного приводу
Магдебурзького університету імені Отто-фон-Геріке
м. Магдебург, Німеччина*

Штаманн М.

*кандидат технічних наук,
науковий співробітник кафедри систем електричного приводу
Магдебурзького університету імені Отто-фон-Геріке
м. Магдебург, Німеччина*

Низькообертова електрична машина з поперечним магнітним полем (ЕМПП) є відносно новим типом електричної машини, що активно досліджується світовою науковою спільнотою. ЕМПП може працювати як в режимі двигуна, так і в режимі генератора, тому дослідження таких машин має велике значення для розвитку малої електроенергетики [1].

Важливим чинником генератора з поперечним магнітним полем (ГПП) є значення ЕРС, що наводиться в його котушках, яке залежить від величин

магнітного потоку, кількості витків в котушці статора та частоти перемагнічування осердя статора. Таким чином, впливати на ЕРС, що наводиться в котушках статора ГПП, можна зміною одного з цих параметрів. Конструктивно ЕМПП складається з П-подібних осердь статора та ротора з постійними магнітами призматичної форми. Позначимо кожен параметр римською цифрою, що в наступному буде відповідати моделі, в котрій цей параметр відрізняється від базового.

Параметр I. Величина магнітного потоку. Цей параметр залежить від запасеної енергії постійного магніту, тобто від його об'єму та залишкової магнітної індукції. На дисковому роторі постійні магніти розташовані на меншому і на більшому діаметрах. На меншому діаметрі необхідно розмістити постійні магніти в кількості $2p$ таким чином, щоб проміжок між ними був мінімальний і складав $\delta_m = 0,1\text{--}0,2$ мм. Таким чином, якщо на більшому діаметрі розмістити такі самі за розмірами постійні магніти, то проміжок між ними буде значно більший. Це дає змогу використовувати постійний магніт в якому висота і довжина будуть такими ж, а ширина трохи більша.

Параметр II. Частота перемагнічування осердя статора. Вона прямо пропорційна кількості П-подібних осердь на статорі і кількості постійних магнітів на роторі. Варіювання кількістю постійних магнітів можливе тільки з одночасною зміною їх ширини. Це пов'язано з тим, що зовнішній діаметр ГПП необхідно залишити незмінним [2].

Параметр III. Кількість П-подібних осердь. Підвищення частоти перемагнічування осердя статора ГПП також можна зробити збільшенням кількості постійних магнітів між сусідніми П-подібними осердями. Для виконання умови перемагнічування необхідно щоб під П-подібними осердями статора розташовувалися пари постійних магнітів різної полярності, що обумовить створення магнітного потоку в П-подібному осерді, а сусідні постійні магніти матимуть протилежний напрям намагнічування. Ця вимога можлива лише при зменшенні кількості П-подібних осердь, оскільки їх збільшення, або залишення незмінним, призведе до збільшення діаметра самого генератора.

Для порівняння запропонованих шляхів підвищення ЕРС, що наводиться в котушках статора, створено тривимірні моделі ГПП. Проведемо поступове варіювання кожним з цих параметрів, при дотриманні наступних умов:

- зовнішній та внутрішній діаметри, а також довжина осердя статора залишаються величиною постійною;
- площа паза під котушку статора в кожній моделі не змінюється;
- залишкова магнітна індукція постійних магнітів дорівнює 1,3 Тл;
- повітряний проміжок в кожній моделі однаковий і становить 1 мм;
- осердя виконано з електротехнічної сталі марки М350;
- частота обертання ротора складає 20 об/хв.

В якості базової моделі взяті розміри ГПП-90/16, а саме: зовнішній діаметр 176 мм; активна довжина 90 мм; повітряний проміжок 1 мм; кількість П-подібних осердь 16, кількість витків у моделі 1000.

Тривимірне моделювання проведено методом скінчених елементів в програмі Ansys Maxwell і в результаті отримано картини насичення магнітопроводу статора і ротора, а також, графіки ЕРС, що наводяться в його котушках.

Амплітудне значення ЕРС, що наводяться в котушках ГПП, для кожної з моделей наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати моделювання

Варіант розрахункової моделі	Параметр			Амплітудне значення ЕРС однієї котушки, В
	Ширина постійного магніту	Кількість П-подібних осердь	Кількість пар постійних магнітів	
ГПП-90/16	Однакова	16	32	34
Модель І	Різна	16	32	35
Модель ІІ	Однакова	8	16	20
	Однакова	32	64	42
	Однакова	64	128	34
Модель ІІІ	Однакова	32	128	17,9
	Однакова	16	128	9,2

Отже, конструкція ГПП, що поєднує комбінацію збільшення ширини постійних магнітів на більшому діаметрі ротора і використання 32 П-подібних осердь на статорі з двократним перевищенням постійних магнітів на роторі, вважається найбільш ефективною. Усі інші варіанти не призводять до підвищення ЕРС, що наводиться в котушці обмотки статора ГПП.

Література:

1. Палис Ф. [и др.] Двигатель с поперечным магнитным полем – компьютерные и экспериментальные исследования *Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ»*. 2013. № 36. С. 287–290.
2. Єгоров А.В. [та ін.] Визначення оптимальної кількості полюсів статора ТФМ в генераторному режимі роботи *Електротехнические и компьютерные системы*. 2017. № 25. С. 117–124.
3. Hieke S. [and others] Two-phase transverse flux machine with disc rotor for high torque low speed application *The 19th European Conference on Power Electronics and Applications (and Exhibition)* (Warsaw, 11–14 September 2017). Warsaw. 2017. pp. 1–8.